

Automatické víceokruhové zalévání na platformě Arduino

Jan Žďárský

Faculty of Informatics and Management

University of Hradec Kralove,

Hradec Kralove, Czech Republic

jan@zdarsky.org

Článek popisuje vývoj nízko-rozpočtového systému automatického zalévání zahrady, který využívá možnosti modulární platformy Arduino. Jedná se o zdokonalení základního časovače, který nedokáže poznat, zda je zálivka opravdu nutná a proto zalévá i při dešti nebo nízkých teplotách. Navrhovaný systém umožňuje pokročilou detekci deště a řízení několika okruhů z důvodu omezeného výkonu čerpadla. Pro nastavení samotného času zálivky a parametrů (např. Délka zalévání pro jednotlivé okruhy) se využívá webového rozhraní. Existující systémy jsou velice drahé a neumožňují přesné nastavení všech požadovaných vlastností (délka zalévání, způsob spuštění čerpadla, apod.). Navržený systém je lehce integrovatelný do stávajících open-source řešení inteligentního domu.

Keywords: arduino; domácí automatizace; zalévání; ovládání ventilů; inteligentní dům

I. INTRODUCTION/ÚVOD

Inteligentní domy se stávají realitou dnešní doby. A současná úspěšná populace má stále menší množství času obíhat zahrádku s konvičkou nebo přesunovat hadice, ale zároveň vyžaduje slušně vypadající trávník a zahradu. Proto vzniká požadavek na automatizované řízení zálivky a to i pro větší zahrady, které neumožňují jednookruhové pokrytí z důvodu dispozic nebo členitosti pozemku. Inteligentní automatická závlaha ve výsledku také snižuje spotřebu energie a vody z důvodu zalévání v ideálních časových intervalech a to hlavně před a po západu slunce. Také automaticky vynechá závlahu v případě deště. Což snižuje množství vypařené a spotřebované vody.

Stávající komerční řešení automatického zalévání neumožňují podrobnější nastavení chování v případě deště nebo ovládání vyššího počtu okruhů z jednoho stanoviště. Vyvíjený systém by měl tyto rozšířené vlastnosti splňovat a zároveň mít nižší koncovou pořizovací cenu a mnohem větší rozšiřitelnost. Pokud se některá z částí systému poškodí, bude jednoduché i v budoucnu sehnat náhradní díl s totožnou funkcionalitou. Možnosti nastavení podmínek pro spuštění zalévacího cyklu budou uživatelsky volitelné ve webovém rozhraní systému. Ve chvíli spuštění zalévání

systém prověří data ze senzorů a dle těchto dat rozhodne, jestli je nebo není zálivka nutná. Zvolená koncepce je vytvořena platformou Arduino, která je využita pro řízení automatizace a několika rozšiřujících modulů pro sběr a zpracování dat.

Použití této platformy jako vhodného řídicího prvku je zmíněno v [1]. Tato koncepce také umožňuje správu přes rozhraní ethernet, což žádné z konkurenčních řešení neumožňuje. Díky využití protokolu TCP/IP je možné takové zařízení spravovat i po internetu z libovolného místa s dostupným internetem (lze zkontrolovat nebo nastavit nebo změnit čas zalévání např. z mobilního telefonu). Vytvořené řešení lze využít v některém z již existujících open-source řešení pro inteligentní domy pouze vytvořením pluginu pro ovládání (např. MajorDoMo) nebo dalších systémů které jsou připraveny pro připojení dalších rozšiřujících modulů s podporou rozhraní ethernet. Systém mimo jiné umožňuje využití prakticky libovolných elektricky ovládaných ventilů a čerpadla.

Systém může fungovat bez problémů i bez čerpadla pouze na vodovodním okruhu. Cena pitné vody z vodovodu je ale pro zalévání příliš vysoká a tak se počítá spíše s variantou nasazení čerpadla pro čerpání podzemních vod. Jediným omezením je maximální spínaný výkon jednotlivých použitých relé. Tuto překážku lze ale jednoduše řešit výměnou relé za výkonnější model nebo použitím jiného způsobu spouštění čerpadla např. v režimu start/stop kdy je celý okruh udržovaný v natlakovaném stavu a po odebrání tlaku ze systému je čerpadlo automaticky spuštěno. V režimu start/stop není čerpadlo spouštěno přímo z arduina což přináší řadu výhod hlavně v podobě nezávislosti na nastavení automatického zalévání a to hlavně pokud existují další uzávěry v okruhu, které nejsou řízeny centrálně (např. uzávěr pro napuštění konve). Je to ovšem dražší varianta protože vyžaduje prvek start/stop který je předražen před ventily které ovládají samotné zalévání. Výsledný produkt bude potřebovat ochranu proti vlhkosti a korozi ta je poměrně detailně popsána v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Napájení systému bude možné realizovat pomocí standartního 5-9V adaptéru nebo pomocí solárního

panelu toto rozšíření je blíže rozebráno v [2], malé baterie a přídavného kontroléru nabíjení. Díky nízkému odběru platformy Arduino může být napájení i bateriové. To ale přináší další požadavky na údržbu, což není u automatizovaného systému žádoucí. Proto je v této práci využít standardní zdroj 5V pro napájení všech prvků systému kromě ventilů a čerpadla.

II. PROBLEM DEFINITION/ DEFINICE PROBLÉMU

Danou problematiku řeší již několik komerčních projektů např. firma Gardena nebo Mountfield. Tyto firmy mají hned několik typů programovatelných časových spínačů. Bohužel nákladově srovnatelné varianty dokážou obsluhovat pouze jeden okruh a nemají žádné externí senzory, takže zalévají i za deště. Pouze ty nejdražší modely poté umožňují spínání vyššího počtu ventilů a běh komplexnějších zalévacích pravidel. Navíc jsou tyto zařízení závislé na zvoleném průměru hadice, jelikož jsou elektroventily integrovány do stejného obalu jako řídicí jednotka a proto nelze jednoduše zaměňovat průměry připojených hadic. Nebo spínat ventily ve větší vzdálenosti od řídicí jednotky. Žádné z těchto zařízení není připraveno na éru „Internet of things“ [3] a [4], jelikož neobsahuje žádný ze způsobů jak ho propojit se stávající domácí sítí. Tudíž z těchto zařízení nelze jednoduše získávat statistiky o provozu prostřednictvím domácí sítě. K tomuto nedostatku se váže také nemožnost tyto zařízení pomocí domácí sítě nastavit nebo je elegantně spravovat na větší vzdálenost např. z mobilního telefonu skrz datové GSM síť.

Proto byl vytvořen náčrtek systému, který tyto nedostatky eliminuje. Náčrtek výsledného systému zachycuje již kompletní zapojení všech zavlažovacích a senzorických prvků.

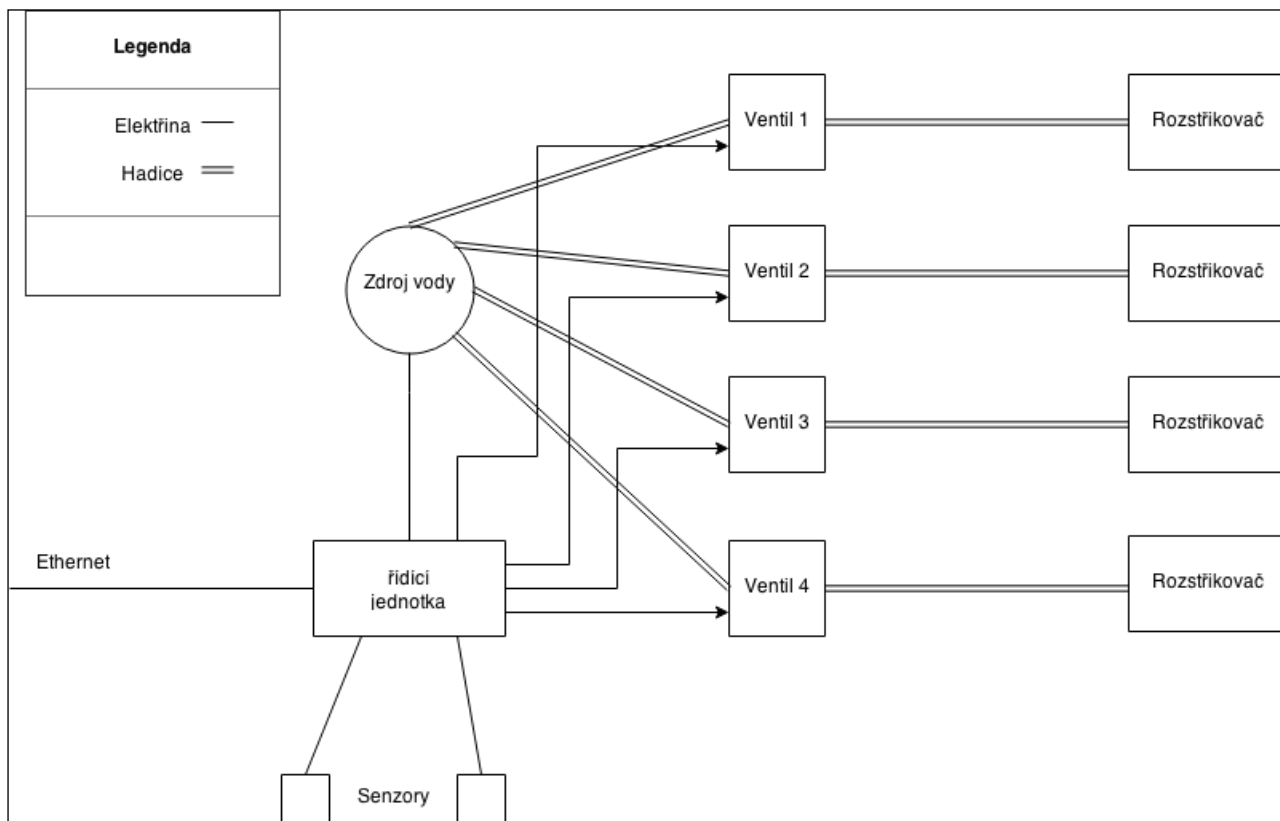
Jak již bylo zmíněno v první kapitole, zdroj vody může mít několik podob.

1. Podzemní vody + čerpadlo
2. Standardní vodovod
3. Zachycená Dešťová voda + čerpadlo
4. Samospád

Ve výsledném zapojení se tyto varianty liší dle potřeby spínání okruhového čerpadla. Toto spínání odpadá u vodovodního potrubí, které je stále pod tlakem a pro samotné zalévání stačí pouze otevřít některý z připojených ventilů.

Senzorová čidla budou kontrolovat okolní podmínky a znemožní zalévání, pokud je půda již dostatečně vlhká nebo právě prší. V případě absence čidel v systému může řídicí jednotka nadále fungovat bez kontroly okolních vlivů.

Vzdálené nastavení parametrů zalévání neumožňuje žádný z komerčně prodávaných automatů. Navrhovaný systém bude umožňovat libovolné nastavení časovače i spínání jednotlivých okruhů. A následně hlídání jejich funkcionality ve webovém rozhraní systému. Toto webové rozhraní je na celém projektu asi nejnáročnější část a to hlavně z důvodu vysokých paměťových nároků. Pokud by bylo potřeba systém rozšířit nad aktuální stav

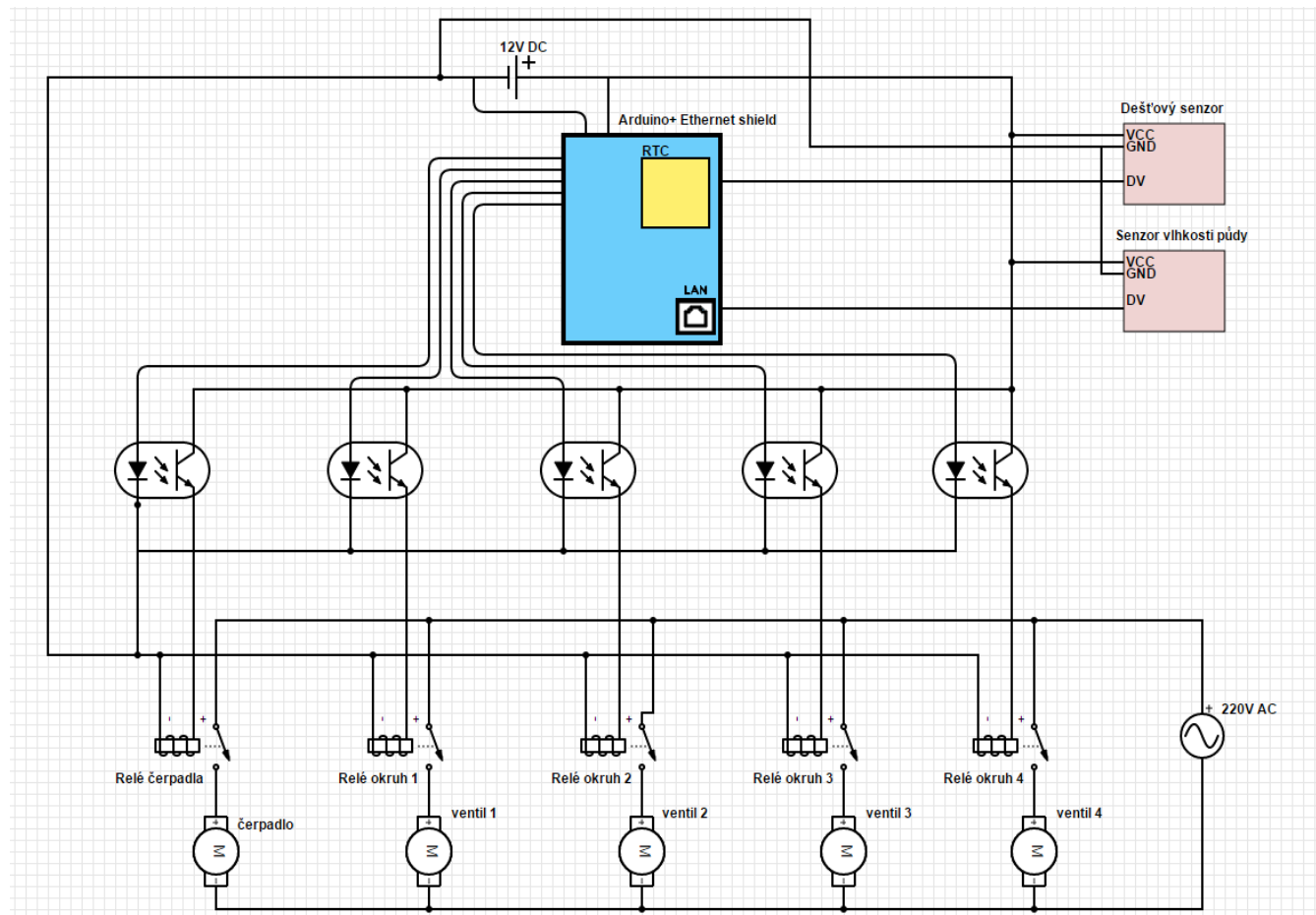


Obrázek 1- náčrtek všech prvků systému a jejich propojení

tak bude pravděpodobně nutné zařídit jiný způsob uložení samotné webové stránky, která je momentálně uložena přímo v programové paměti platformy arduino. Paměť je omezena na 32kB. Pokud tedy odečteme nároky na programovou část nutnou pro běh systému, zůstává pro samotné webové rozhraní pod 12kB paměti. Tento nedostatek lze řešit využitím SD karty pro uložení HTML kódu nutného pro provozování webového rozhraní. Ovšem toto řešení sebou přináší zásadní zpomalení celého rozhraní a další náklady na nákup SD karty. Proto od něj bylo upuštěno. Druhou variantou je

Počet spínaných okruhů může být kdykoliv jednoduše navýšen přidáním dalších relé a ventilů do systému a to až do celkového počtu 8 kusů. Vyšší počet by vyžadoval další řídicí prvek v systému nebo využití Arduino mega z důvodu většího počtu digitálních výstupů pro řízení jednotlivých relé.

Dále je nutné vyřešit ochranný obal pro Arduino Uno R3 a další součásti systému a to tak aby celý systém mohl být umístěn po celou sezónu ve venkovním prostředí. Stejný problém s okolním prostředím nastává u venkovních senzorů deště a vlhkosti půdy. Ty bude nutno



Obrázek 2 - schéma výsledného zapojení systému

využití mikročipu s větší programovou pamětí např. Arduino Mega. Tato vyšší řada Arduina umožňuje uložit až 128kB a pro samotný web by tak zůstalo mnohem více místa. Nevýhodou je ovšem vyšší pořizovací cena, vyšší odběr energie a také rozměrnější základní deska.

Webové rozhraní bude umožňovat ovládání jednotlivých funkcí i předáváním parametrů v adresní řádce. To umožňuje jednoduchou integraci do libovolného automatizovaného ovládání. Samotná adresa pak bude volána ve tvaru <http://adresazalevace/?run=1>. Takové volání spustí kdykoliv zalévání dle přednastavených parametrů. Naopak zavoláním <http://adresazalevace/?run=0> lze celý proces kdykoliv ukončit.

vytvořit z dostatečně odolného materiálu, který nebude korodovat ani měnit svoje vlastnosti. Testování zatím proběhlo s pomocí odizolovaného měděného drátu a původního senzoru z neznámého materiálu, ale je možné že vlivem oxidace se změní vodivost natolik, že se bude muset využít jiný chemicky stabilnější materiál. Tato oblast bude potřebovat dlouhodobější testování v provozních podmínkách. Ve kterých se prokáže, zda je zvolený materiál schopen odolávat venkovnímu použití.

III. NEW SOLUTION / NOVÉ ŘEŠENÍ

Systém se potýká s několika problémy, které je nutné vyřešit. Jsou to hlavně tyto:

1. Návrh řešení s minimalizací vstupních výrobních nákladů
2. Využití univerzální platformy Arduino místo komerčních úzce zaměřených systémů (Gardena, Mountfield)
3. Vzdálené řízení systému skrz internet (internet of things) a logování data poslední úspěšné zálivky
4. Ošetření senzorů proti korozi
5. Test SW pro provoz systému
6. Získávání přesného času pro funkci automatického spuštění
7. Oddělení výkonové části od signální části

Již samotný návrh zařízení po HW stránce naskytá řadu problémů. Bude se jednat o venkovní zařízení, takže je nutné výsledný produkt upravit tak, aby nedocházelo ke kondenzaci a následné nespolehlivosti nebo destrukci zařízení vlivem vlhkosti. Tato úprava bude spočívat hlavně ve volbě vhodného plastového krytu a dostatečném utěsnění okolí jednotlivých konektorů. U zařízení bude také vhodné, pokud bude umístěno pod stříšku nebo do elektrické montážní krabice.

Pro ošetření všech problémů bylo navrženo toto schéma zapojení viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, které umožňuje autonomní regulaci jednotlivých ventilů v závislosti na nastavených hodnotách. A galvanicky odděluje část pod vysokým napětím od části s bezpečným napětím. Dle použitých relé umožňuje spínat prakticky libovolně velké rozměry hadice.

Pro udržení času i při výpadku napětí jsou do návrhu zakomponovány hodiny reálného času s vlastním bateriovým zdrojem napájení, který udrží informaci o aktuálním čase i v případě odpojení zařízení od zdroje napájení.

Z důvodu venkovního použití byl zvolen obvod DS3231 který obsahuje vlastní teploměr. Tento teploměr umožňuje odhadnout odchylku vnitřního oscilátoru díky teplotním vlivům a tím výrazně snižuje odchylku hodin. Pro tento obvod se odává maximální odchylka ± 2 minuty za rok při teplotách -40 až 85 stupňů. To je naprosto dostačující pro danou aplikaci. Bohužel informace z integrovaného teploměru je značně nepřesná s ohledem na skutečnou venkovní teplotu. Čidlo je umístěno příliš blízko u ostatních čipů, které vlastním tepelným vyzařováním značně deformují výstup z integrovaného senzoru hodin. Připojení externího čidla teploty je možné, ale v této práci nebylo potřeba.

Použitý software bude obsahovat několik základních knihoven pro práci s časem a komunikaci s hodinami reálného času. Konkrétně jde o opensource knihovnu Timer od Simona Monka na adrese <http://playground.arduino.cc/Code/Timer> tato knihovna umožňuje chytře časovat události za pomoci counteru bez využití funkce delay(), která na danou chvíli zastaví činnost mikročipu což je nežádoucí protože tato funkce zablokuje i přístup na webové rozhraní a všechny další právě běžící procesy. Pro Ethernet komunikace je využita

knihovna s názvem Ethernet. Tato knihovna propojuje Ethernet Shieldem a obsluhování požadavků z webového rozhraní. Pro správnou funkcionalitu ethernet spojení je nutno nastavit defaultní MAC a IP adresu. Tuto knihovnu je možné získat na adrese <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Reference/Ethernet>. Obsluha hodin reálného času je realizována knihovnou, kterou spravuje Jack Christensen na adrese <https://github.com/JChristensen/DS3232RTC>. Tato knihovna je použita i pro úvodní nastavení času, které musí být provedeno z důvodu nepřesného nastavení z výroby.

Cena celého řešení je zachycena v následující tabulce.

Součástka	Cena
Arduino Uno R3	102,00 Kč
Ethernet shield	131,00 Kč
spojovací materiál	20,00 Kč
8x relé	138,00 Kč
RTC DS3231	26,00 Kč
220V-9V DC adaptér	60,00 Kč
Plastový rozvaděč na omítku	218,00 Kč
Senzory	90,00 Kč
Celkem	785,00 Kč

Tabulka zahrnuje pouze náklady na samotný řídicí systém a neuvažuje náklady na nákup elektroventilů a hadic ty jsou ovšem pro obě varianty totožné, takže je možné je zanedbat. Pro porovnání cena srovnatelného systému Gardena 4040 modular Comfort je 3590 Kč. Ale tato cena nezahrnuje senzor vlhkosti půdy a dešťový senzor. Tyto přídatné senzory stojí každý 1450 Kč. Cena srovnatelně vybaveného systému se tudíž vyšplhá na 6850 Kč.

IV. IMPLEMENTATION / IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ

Pro řešení problému byla zvolena platforma Arduino která umožňuje velice rychle zkoušet varianty zapojení a nastavení díky množství již existujících knihoven a již hotových HW bloků, které lze jednoduše využít při realizaci. Schéma výsledného produktu je zobrazeno na Obrázek 2 - schéma výsledného zapojení systému.

Celý systém se poté bude skládat z těchto částí:

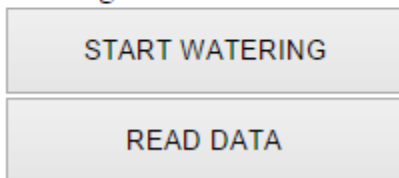
1. Řídicí deska – arduino uno r3, ethernet shield. Hodiny reálného času
2. Spínací relé pro ventily a čerpadlo – 0-250V max 10A
3. Napájení zdroj nebo solární kolektor + baterie pro napájení řídicí jednotky a relé
4. Napájecí zdroj pro elektricky ovládané ventily (podporováno od 0V do 250V)
5. Elektricky ovládané ventily

Při sestavování systému nastal problém, jelikož dodané komponenty nebyli plně kompatibilní a proto bylo nutné provést několik zásahů do ethernet shieldu pro zprovoznění s použitým Arduino shieldem. Konektor SPI, který je využíván pro komunikaci mezi hlavním procesorem a ethernet shieldem byl zrcadlově otočen a proto byl nahrazen komunikací skrz piny 10 a 11. Nová verze ethernet shieldu má již tyto problémy vyřešeny a proto potíže s nekompatibilitou nenastanou. Další vývoj se již naštěstí obešel bez zásadních HW potíží a ostatní komponenty se povedlo zprovoznit hned napoprvé dle dodaných datasheetu.

Pro správnou funkci hodin reálného času bylo nutné je nastavit speciálním firmwarem pro platformu Arduino. V případě vybití baterie určené pro udržování těchto hodin v provozu je nutno naflashovat do jednotky program pro opětovné nastavení času přes sériový port. Další revize systému bude již umožňovat i nastavení hodin skrz webové rozhraní. Nepříjemností je také to že hodiny neumožňují automatickou korekci při letním/zimním čase, ale jelikož zařízení bude pracovat pouze přes sezónu tak lze toto omezení zanedbat. A hodiny reálného času budou proto stále nastaveny pro letní čas.

Nejkomplikovanější programovou částí bylo obsluhuje webové rozhraní. Toto rozhraní umožňuje vyčíst momentální stav zařízení a zároveň nastavit klíčové parametry zařízení a zkontrolovat zda jsou hodiny reálného času nastaveny na správný čas. Tento čas je důležitý z důvodu automatického spuštění zalévání. Dále je možné zkontrolovat, zda jsou jednotlivé ventily otevřené nebo zavřené. Náhled prototypu rozhraní je na obrázku [3].

Water Pump: 0
Valve 1: 0
Valve 2: 0
Valve 3: 0
Valve 4: 0
Time:20/1/15 1:22:2
Watering time per valve: 1 m
Watering time start: 17:00



Obrázek 3 -- webové rozhraní systému

Pro ovládání lze využít také http protokolu konkrétně funkcionality GET. Přes volání GET je možné spustit závlivku nebo nastavit nový čas a délku závlivky. Také to umožňuje jednoduchou integraci systému do již stávajícího řízení inteligentního domu. Pouhým voláním upravené URL z libovolného zařízení (mobil, tablet, PC, notebook). Lze docílit změny funkcionality systému nebo vzdáleného spuštění i mimo domácnost např. z 3g sítě skrz mobilní telefon. IP adresa byla nařevno zvolena 192.168.1.150 z rozsahu mojí domácí sítě.

Protokol pro komunikaci je následující:

1. ?Wh=číslo& nastavení času pro spuštění závlivky rozsah 0-24 (v hodinách)
2. ?Wt=číslo& nastavení délky závlivky pro jednotlivé okruhy je očekávaná hodnota 1-255 v minutách (pro 4 okruhy to znamená minimální délku zalévání 4min až po maximální délku 1020m)
3. ?Run=1& spustí zalévání bez ohledu na nastavené parametry (nekontroluje data ze senzorů) implementováno hlavně pro testovací účely.

Na konci komunikace je nutné použít ukončovací znak &.

Webové rozhraní ještě není kompletní je plánován přechod z protokolu GET na protokol AJAX z důvodu automatické aktualizace údajů v rozhraní a nahrání webu na sd kartu (a vylepšení jeho grafické podoby). Tento přechod přinese také možnost lepšího monitorování systému v reálném čase.

Senzory jsou kontrolovány každých 10sec. Automatické zalévání je nastaveno tak, že v danou hodinu kontroluje, jestli senzory vykazují suchou půdu. Pokud tato situace nastane, započne závlivka a to v libovolnou minutu přednastavené hodiny. Pokud situace nenastane tak je automatické zalévání vypnuto až do dalšího dne kdy se kontrola opakuje.

V. TESTING OF DEVELOPED APPLICATION / TESTOVÁNÍ VYVINUTÉ APLIKACE - ŘEŠENÍ

Zejména kvůli venkovnímu počasí bylo konečné řešení otestováno pouze při zapojení na stole. Všechny prvky jsou plně funkční. Nasazení do reálného provozu je plánováno na jaro 2015 (první prototyp fungoval již minulý rok v létě 2014).

Zařízení spíná dle nastavených kritérií a zároveň umožňuje i spuštění mimo nastavený čas skrz webové rozhraní systému. Testy s náhodným nastavením vstupních parametrů odhalil problém s maximální délkou intervalu z důvodu přetékání int16. Tento problém byl odstraněn využitím int32. Použité hodiny reálného času velice dobře drží zadaný čas a rozešly se v rámci půl roku o cca 4sec. Toto rozpětí je pro danou aplikaci plně dostačující. V reálném provozu je nutné odladit nastavení senzorů tak, aby odpovídalo výslednému odporu půdy

VI. CONCLUSIONS / ZÁVĚRY

Výsledkem této práce je plně funkční automatický autonomní systém zalévání, jehož raná fáze již byla nasazena v provozu. Systém sám kontroluje stav okolí za pomoci senzorů a následně využívá jejich data při rozhodování o následujícím postupu, spadá tedy do skupiny „smart devices“. Je schopen počkat v rámci nastavené hodiny na dostatečně suchou půdu a až poté realizovat závlivku. Řešení přináší úsporu jak času, tak prostředků jelikož je výrazně levnější než srovnatelné komerční řešení. Časové úspory je dosaženo automatizováním celého systému zavlažování, který se tím stává plně soběstačný. Jednotlivé komponenty systému jsou při poškození jednoduše zaměnitelné nebo rozšiřitelné o další funkcionalitu a lze je spojit s centrálním řízením inteligentního domu. Další rozšíření systému je plánováno a to hlavně o lepší web rozhraní, které je momentálně limitováno velikostí paměti.

REFERENCES / REFERENCE

- [1] ZHANG. Tianbiao. *Instrumentation. measurement. circuits and svstems*. Berlin: Sprindaer. c2012. xvii. 1028 p. *Advances in intelliaent and soft computing*, 127. ISBN 978-3-642-27333-9..
- [2] SUBHAS. Chandra. *Smart sensors for real-time water auality monitoring*. Berlin. Heidelberg: Sprindaer. 2013. ISBN 978-3-642-37006-9. UNIVERSITY OF THE GOVERNMENT OF ARAGON. *Solar Module for Arduino Tutorial* [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/arduino-solar>
- [3] DOUKAS. Charalampos. *Building Internet of Things with the Arduino*. S.l.: CreateSpace, 2012. ISBN 14-700-2343-1.
- [4] HERSENT. Olivier. David BOSWARTHICK a Omar ELLOUMI. *The internet of thinas: applications to the smart arid and building automation*. Hoboken: John Wiley, 2012, xxv, 344 s. ISBN internet of things.
- [5] RILEY. Mike. *Proaramina vour home: automate with Arduino. Android. and vour computer*. Dallas. Tex.: Pragmatic Bookshelf. c2012. xvii. 216 p. Pragmatic programmers. ISBN 19-343-5690-5.